NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
61131-7

Première édition
First edition
2000-08

Automates programmables –

Partie 7:
Programmation en logique floue

Programmable controllers –

Part 7:
Fuzzy control programming

© IEC 2000 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission 3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
Telefax: +41 22 919 0300 e-mail: inmail@iec.ch IEC web site http://www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE XA

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

Pages

AVANT-PROPOS 8
INTRODUCTION 12

Articles

1 Domaine d'application et objet 16
2 Références normatives 16
3 Définitions 16
4 Intégration dans l'automate programmable 20
5 Langage de contrôle flou FCL 22
5.1 Echange de programmes de contrôle flou 22
5.2 Eléments du langage de contrôle flou 24
5.3 Exemple de FCL 42
5.4 Règles de production et mots-clés du langage de contrôle flou (FCL) 42
6 Conformité 50
6.1 Classes de conformité du langage de contrôle flou FCL 50
6.2 Liste de contrôle de données 54

Annexe A (informative) Théorie 58
A.1 Logique floue 58
A.2 Contrôle flou 66
A.3 Performances du contrôle flou 80
Annexe B (informative) Exemples 84
B.1 Précontrôle 84
B.2 Adaptation des paramètres d'automate PID conventionnel 86
B.3 Contrôle flou direct d'un procédé 86

Annexe C (informative) Exemple d'application industrielle – Grue à conteneurs 88
Annexe D (informative) Exemple d'utilisation de variables dans le bloc de règles 108
Annexe E (informative) Symboles, abréviations et synonymes 112

Figure 1 – Exemple de bloc fonction de contrôle flou en représentation FBD 22
Figure 2 – Echange de données entre programmes en langage de contrôle flou (FCL) 24
Figure 3 – Déclaration d'interface de bloc fonction en langage ST et FBD 26
Figure 4 – Exemple de termes de rampe 28
Figure 5 – Exemple d'utilisation de variables pour les fonctions d'appartenance 28
Figure 6 – Exemple de termes singletons 30
Figure 7 – Exemple de bloc fonction flou 42
Figure 8 – Niveaux de conformité 50
Figure A.1 – Fonctions d'appartenance pour les termes «âge adulte légal» et «adulte» 60
Figure A.2 – Description de la variable linguistique «Age» par des termes linguistiques et par leur hiérarchie sur l'échelle de temps (années d'âge) 60
Figure A.3 – Profils de fonctions d'appartenance fréquemment utilisés 62

CONTENTS

Page

FOREWORD 9
INTRODUCTION 13

Clause

1 Scope and object 17
2 Normative references 17
3 Definitions 17
4 Integration into the programmable controller 21
5 Fuzzy Control Language FCL 23
5.1 Exchange of fuzzy control programs 23
5.2 Fuzzy Control Language elements 25
5.3 FCL example 43
5.4 Production rules and keywords of the Fuzzy Control Language (FCL) 43
6 Compliance 51
6.1 Conformance classes of Fuzzy Control Language FCL 51
6.2 Data check list 55

Annex A (informative) Theory 59
A.1 Fuzzy Logic 59
A.2 Fuzzy Control 67
A.3 Performance of Fuzzy control 81
Annex B (informative) Examples 85
B.1 Pre-control 85
B.2 Parameter adaptation of conventional PID controllers 87
B.3 Direct fuzzy control of a process 87

Annex C (informative) Industrial example – Container crane 89
Annex D (informative) Example for using variables in the rule block 109
Annex E (informative) Symbols, abbreviations and synonyms 113

Figure 1 – Example of a fuzzy control Function Block in FBD representation 23
Figure 2 – Data exchange of Programs in Fuzzy Control Language (FCL) 25
Figure 3 – Example of a Function Block interface declaration in ST and FBD languages 27
Figure 4 – Example of ramp terms 29
Figure 5 – Example of usage of variables for membership functions 29
Figure 6 – Example of singleton terms 31
Figure 7 – Example for fuzzy function block 43
Figure 8 – Levels of conformance 51
Figure A.1 – Membership functions of the terms "full legal age" and "adult" 61
Figure A.2 – Description of the linguistic variable "Age" by linguistic terms and their hierarchy on the time scale (age in years) 61
Figure A.3 – Commonly used shapes of membership functions 63

Pages

Figure A.4 – Algorithmes pour l'implémentation d'opérations entre deux fonctions d'appartenance 66
Figure A.5 – Structure et éléments fonctionnels du contrôle flou 68
Figure A.6 – Principe de fuzzification (exemple) 68
Figure A.7 – Représentation de la base de connaissance sous forme linguistique 70
Figure A.8 – Représentation de deux variables sous forme de matrice 70
Figure A.9 – Eléments d'une inférence 72
Figure A.10a – Exemple montrant les principes d'agrégation 74
Figure A.10b – Principes d'activation (exemple) 74
Figure A.10c – Principes d'accumulation (exemple) 76
Figure A.11a – Méthodes de défuzzification 76
Figure A.11b – Comparaison entre maximum le plus à gauche et maximum le plus à droite .. 78
Figure A.11c: Comparaison entre Centre de surface et Centre de gravité 78
Figure A.11d – Méthodes de défuzzification 80
Figure A.12 – Exemples de courbes de caractéristiques de contrôle flou 82
Figure A.13a – Automate à base de logique floue: structure fondamentale 82
Figure A.13b – Exemple d'automate à base de logique floue 82
Figure B.1 – Exemple de précontrôle 84
Figure B.2 – Exemple d'adaptation d'un paramètre 86
Figure B.3 – Exemple de contrôle flou direct 86
Figure C.1 – Exemple d'application industrielle – Grue à conteneurs 88
Figure C.2 – Variable linguistique «Distance» entre tête de grue et position finale 90
Figure C.3 – Variable linguistique «Angle» entre conteneur et tête de grue 90
Figure C.4 – Variable linguistique «Puissance» 90
Figure C.5 – Base de règles 92
Figure C.6 – Fuzzification de la variable linguistique «Distance» 92
Figure C.7 – Fuzzification de la variable linguistique «Angle» 94
Figure C.8 – Sous-ensemble de trois règles 94
Figure C.9 – Eléments d'agrégation 94
Figure C.10 – Principes d'agrégation 96
Figure C.11 – Eléments d'activation 96
Figure C.12 – Principes d'activation 98
Figure C.13 – Eléments d'accumulation 98
Figure C.14 – Principes d'accumulation 100
Figure C.15 – Défuzzification 102
Figure C.16 – Exemple en FCL 104
Figure D.1 – Principe du système contrôlé 108
Figure D.2 – Principe de contrôle flou d'un four 108
Figure D.3 – Bloc de règles 108
Figure D.4 – Exemple en FCL 110

Page

Figure A.4 – Algorithms for implementing operations between two membership functions 67
Figure A.5 – Structure and functional elements of fuzzy control 69
Figure A.6 – The principle of fuzzification (as an example) 69
Figure A.7 – Representation of the knowledge base in linguistic form 71
Figure A.8 – Matrix representation of two variables 71
Figure A.9 – Elements of inference 73
Figure A.10a – An example showing the principles of aggregation 75
Figure A.10b – The principles of activation (as an example) 75
Figure A.10c – The principles of accumulation (as an example) 77
Figure A.11a – Methods of defuzzification 77
Figure A.11b – Difference between Left Most Maximum and Right Most Maximum 79
Figure A.11c – Difference between Centre of Area and Centre of Gravity 79
Figure A.11d – Methods of defuzzification 81
Figure A.12 – Examples of fuzzy control characteristic curves 83
Figure A.13a – Fuzzy-based controller: Fundamental structure 83
Figure A.13b – Example of a Fuzzy-based controller 83
Figure B.1 – Example of a pre-control 85
Figure B.2 – Example of a parameter adaptation 87
Figure B.3 – Example of a direct fuzzy control 87
Figure C.1 – Industrial example – Container crane 89
Figure C.2 – Linguistic variable "Distance" between crane head and target position 91
Figure C.3 – Linguistic variable "Angle" of the container to the crane head 91
Figure C.4 – Linguistic variable "Power" 91
Figure C.5 – Rule base 93
Figure C.6 – Fuzzification of the linguistic variable "distance" 93
Figure C.7 – Fuzzification of the linguistic variable "angle" 95
Figure C.8 – Subset of three rules 95
Figure C.9 – Elements of aggregation 95
Figure C.10 – Principles of aggregation 97
Figure C.11 – Elements of activation 97
Figure C.12 – Principles of activation 99
Figure C.13 – Elements of accumulation 99
Figure C.14 – Principles of accumulation 101
Figure C.15 – Defuzzification 103
Figure C.16 – Example in SCL 105
Figure D.1 – Principle of the controlled system 109
Figure D.2 – Principle of the fuzzy based control of the oven 109
Figure D.3 – Rule block 109
Figure D.4 – Example in FCL 111

Pages

Tableau 1 – Méthodes de défuzzification 30
Tableau 2 – Formules des différentes méthodes de défuzzification 32
Tableau 3 – Algorithmes appariés 34
Tableau 4 – Méthodes d'activation 34
Tableau 5 – Méthodes d'accumulation 36
Tableau 6 – Priorité des opérateurs 36
Tableau 7 – Mots-clés réservés pour le FCL 48
Tableau 8 – Eléments de langage de contrôle flou FCL Niveau Base (obligatoires) 52
Tableau 9 – Eléments de langage de contrôle flou FCL Niveau Extension (facultatifs) 54
Tableau 10 – Exemple de liste d'éléments de langage Niveau Ouvert 54
Tableau 11 – Liste de contrôle de données 56
Tableau A.1 – Etapes d'inférence et algorithmes couramment utilisés 74
Tableau C.1 – Etapes d'inférence et opérateurs correspondants 92
Tableau E.1 – Symboles et Abréviations 112
Tableau E.2 – Synonymes 112

Page

Table 1 – Defuzzification methods 31
Table 2 – Formulae for defuzzification methods 33
Table 3 – Paired algorithms 35
Table 4 – Activation methods 35
Table 5 – Accumulation methods 37
Table 6 – Priority of operators 37
Table 7 – Reserved keywords for FCL 49
Table 8 – FCL Basic Level language elements (mandatory) 53
Table 9 – FCL Extension Level language elements (optional) 55
Table 10 – Examples of a list with Open Level language elements 55
Table 11 – Data check list 57
Table A.1 – Inference steps and commonly used algorithms 75
Table C.1 – Inference steps and assigned operator 93
Table E.1 – Symbols and abbreviations 113
Table E.2 – Synonyms 113

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

AUTOMATES PROGRAMMABLES –

Partie 7: Programmation en logique floue

AVANT-PROPOS

1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61131-7 a été établie par le sous-comité 65B: Dispositifs, du comité d'études 65 de la CEI: Mesure et commande dans les processus industriels.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
65B/406/FDIS	65B/413/RVD

Le rapport de vote indiqué au tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Les annexes A à E sont données uniquement à titre d'information.

La CEI 61131 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Automates programmables:*

Partie 1:1992, Informations générales

Partie 2:1992, Spécifications et essais des équipements

Partie 3:1993, Langages de programmation

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

PROGRAMMABLE CONTROLLERS –

Part 7: Fuzzy control programming

FOREWORD

1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61131-7 has been prepared by subcommittee 65B: Devices, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement and control.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
65B/406/FDIS	65B/413/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Annexes A to E are for information only.

IEC 61131 consists of the following parts under the general title *Programmable controllers*:

Part 1:1992, General information

Part 2:1992, Equipment requirements and tests

Part 3:1993, Programming languages

Partie 4:1995, Guide pour l'utilisateur

Partie 5: Communication (à publier)

Partie 6: Communications pour automates programmables par le bus de terrain (à l'étude)

Partie 7: Programmation en logique floue

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2005. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

Part 4:1995, User guidelines

Part 5: Communications (to be published)

Part 6: Programmable controller communications via fieldbus (under study)

Part 7: Fuzzy control programming

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2005. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

INTRODUCTION

La logique floue appliquée au contrôle est connue sous le nom de «contrôle flou». Le contrôle flou se présente comme une technologie capable d'augmenter les capacités des automatismes de contrôle industriel, et est adaptée aux tâches de niveau de contrôle généralement prises en charge par des automates programmables.

Le contrôle flou se base sur une connaissance pratique représentée par des bases de règles linguistiques, et non par des modèles analytiques (empiriques ou théoriques). Son utilisation est possible lorsqu'un savoir-faire est transcriptible dans sa formalisation. Il permet alors d'exploiter les connaissances acquises sur le terrain pour améliorer les processus et exécuter différentes tâches, comme par exemple

– contrôle (boucle fermée ou ouverte, à une variable ou plusieurs variables, pour systèmes linéaires ou non linéaires),
– réglage en ligne ou hors-ligne de paramètres de systèmes de contrôle,
– classification et reconnaissance des formes,
– prise de décision en temps réel (produit envoyé vers machine A ou B ?),
– aide à l'opérateur humain pour la prise de décision ou le réglage de paramètres,
– détection et diagnostic de défaillances de systèmes.

Un éventail d'applications très variées et une approche naturelle inspirée de l'expérience humaine ont fait du contrôle flou un outil essentiel, destiné à devenir un standard accessible à l'ensemble des utilisateurs d'automates programmables.

Il est également possible de combiner le contrôle flou à des méthodes de contrôle classiques, et ce sans difficulté particulière.

L'application du contrôle flou est avantageuse dans les cas où aucun modèle explicite du processus n'est disponible, ou lorsque le modèle analytique est trop difficile à évaluer ou trop compliqué pour être évalué en temps réel.

Le contrôle flou présente également l'avantage d'incorporer l'expérience humaine de manière simple et directe. Par ailleurs, le contrôle flou ne nécessite qu'une modélisation partielle de l'automate: parfois par simple interpolation entre plusieurs modèles localement linéaires ou par adaptation dynamique des paramètres d'un «automate linéaire», le rendant ainsi non linéaire, ou bien sur un automate existant, en agissant sur une fonctionnalité spécifique pour l'améliorer.

Le contrôle flou est un contrôle à valeurs multiples; la proposition de contrôle n'est donc plus limitée aux deux valeurs «vrai» ou «faux». Cette caractéristique du contrôle flou le rend particulièrement utile pour modéliser le savoir-faire empirique et spécifier les actions de contrôle à prendre sur un ensemble donné de valeurs d'entrées.

Sur la théorie existante et les systèmes déjà réalisés en contrôle flou, on observe des écarts importants en matière de terminologie (définitions), de caractéristiques (fonctionnalités) et de mise en œuvre (outils).

Le contrôle flou se retrouve dans des applications simples et modestes tout comme sur des projets hautement sophistiqués et complexes. Pour assurer une grande variété d'applications à la présente partie de la CEI 61131, les caractéristiques d'un système de contrôle flou conforme sont réparties en différentes classes de conformité.

La classe de base définit l'ensemble de caractéristiques minimal que tout système conforme doit avoir. Cette exigence facilite l'échange de programmes de contrôle flou.

INTRODUCTION

The theory of fuzzy logic in the application of control is named fuzzy control. Fuzzy control is emerging as a technology that can enhance the capabilities of industrial automation, and is suitable for control level tasks generally performed in Programmable Controllers (PC).

Fuzzy control is based upon practical application knowledge represented by so-called linguistic rule bases, rather than by analytical (either empirical or theoretical) models. Fuzzy control can be used when there is an expertise that can be expressed in its formalism. That allows to take available knowledge to improve processes and perform a variety of tasks, for instance

– control (closed or open loop, single or multi-variable, for linear or non-linear systems),
– on-line or off-line setting of control systems' parameters,
– classification and pattern recognition,
– real-time decision making (send this product to machine A or B ?),
– helping operators to make decisions or tune parameters,
– detection and diagnosis of faults in systems.

Its wide range of applications and natural approach based on human experience makes fuzzy control a basic tool that should be made available to programmable controller users as a standard.

Fuzzy control can also, in a straightforward way, be combined with classical control methods.

The application of fuzzy control can be of advantage in such cases where there is no explicit process model available, or in which the analytical model is too difficult to evaluate or when the model is too complicated to evaluate in real time.

Another advantageous feature of fuzzy control is that human experience can be incorporated in a straightforward way. Also, it is not necessary to model the whole controller with fuzzy control: sometimes fuzzy control just interpolates between a series of locally linear models, or dynamically adapts the parameters of a "linear controller", thereby rendering it non-linear, or alternatively just "zoom in" onto a certain feature of an existing controller that needs to be improved.

Fuzzy control is a multi-valued control, no longer restricting the values of a control proposition to "true" or "false". This makes fuzzy control particularly useful to model empirical expertise, stating which control actions have to be taken under a given set of inputs.

The existing theory and systems already realized in the area of fuzzy control differ widely in terms of terminology (definitions), features (functionalities) and implementation (tools).

Fuzzy control is used from small and simple applications up to highly sophisticated and complex projects. To cover all kinds of usage in this part of IEC 61131, the features of a compliant fuzzy control system are mapped into defined conformance classes.

The basic class defines a minimum set of features which has to be achieved by all compliant systems. This facilitates the exchange of fuzzy control programs.

Des caractéristiques facultatives de la norme sont définies dans la classe d'extension. Les programmes de contrôle flou qui appliquent ces caractéristiques ne sont entièrement portés qu'entre des systèmes basés sur le même ensemble de caractéristiques; la portabilité n'est que partielle dans les autres cas. La présente Norme n'oblige pas chaque système conforme à présenter toutes les caractéristiques de la classe d'extension, mais elle prévoit la possibilité de portabilité (partielle) et décourage l'utilisation de caractéristiques non standard. Par conséquent, il convient qu'un système conforme n'offre pas de caractéristiques non standard pouvant être correctement réalisées à partir des caractéristiques standard de la classe de base et de la classe d'extension.

Pour éviter que les systèmes eux-mêmes pourvus de caractéristiques hautement sophistiquées ne puissent répondre aux exigences de la présente partie de la CEI 61131 et pour ne pas gêner le progrès des évolutions à venir, cette norme permet également d'intégrer des caractéristiques non standard supplémentaires qui ne sont couvertes ni par la classe de base ni par la classe d'extension. Cependant, une présentation standard de ces caractéristiques est nécessaire afin de facilement les identifier comme des caractéristiques non standard.

La portabilité des applications de contrôle flou varie suivant les différents systèmes de programmation, et dépend également des caractéristiques des systèmes de contrôle. Ces dépendances sont couvertes par la liste de contrôle de données qui doit être fournie par le fabricant.

Optional standard features are defined in the extension class. Fuzzy control programs applying these features can only be fully ported among systems using the same set of features, otherwise a partial exchange may be possible only. This standard does not force all compliant systems to realize all features in the extension class, but it supports the possibility of (partial) portability and the avoidance of the usage of non-standard features. Therefore, a compliant system should not offer non-standard features which can be meaningfully realized by using standard features of the basic class and the extension class.

In order not to exclude systems using their own highly sophisticated features from complying with this part of IEC 61131 and not to hinder the progress of future development, this standard permits also additional non-standard features which are not covered by the basic class and the extension class. However, these features need to be listed in a standard way to ensure that they are easily recognised as non-standard features.

The portability of fuzzy control applications depends on the different programming systems and also the charcteristics of the control systems. These dependencies are covered by the data check list to be delivered by the manufacturer.

AUTOMATES PROGRAMMABLES –

Partie 7: Programmation en logique floue

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 61131 définit un langage permettant de programmer des applications de contrôle flou pour automates programmables.

L'objet de cette partie de la CEI 61131 est de fournir aux fabricants et aux utilisateurs une définition commune et précise des principales méthodes d'intégration des applications de contrôle flou dans les langages d'automates programmables, selon la CEI 61131-3, et de permettre une portabilité des programmes de contrôle flou entre différents systèmes de programmation.

Dans cette optique, l'annexe A présente une introduction aux théories de contrôle flou, brève mais suffisante pour aider à mieux comprendre la présente partie de la CEI 61131. Les lecteurs de cette partie de la CEI 61131 non familiarisés avec la théorie de contrôle flou sont invités à commencer par l'annexe A.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 61131. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 61131 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60050-351:1998, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 351: Commande et régulation automatiques*

CEI 61131-3:1993, *Automates programmables – Partie 3: Langages de programmation*

PROGRAMMABLE CONTROLLERS –

Part 7: Fuzzy control programming

1 Scope and object

This part of IEC 61131 defines a language for the programming of Fuzzy Control applications used by programmable controllers.

The object of this part of IEC 61131 is to offer the manufacturers and the users a well-defined common understanding of the basic means to integrate fuzzy control applications in the Programmable Controller languages according to IEC 61131-3, as well as the possibility to exchange portable fuzzy control programs among different programming systems.

To achieve this, annex A gives a short introduction to the theory of fuzzy control and fuzzy logic as far as it is necessary for the understanding of this part of IEC 61131. It may be helpful for readers of this part of IEC 61131 who are not familiar with fuzzy control theory to read annex A first.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 61131. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 61131 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60050-351:1998, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 351: Automatic control*

IEC 61131-3:1993, *Programmable controllers – Part 3: Programming languages*